

사후 도체처리가 돈육 등심근의 근절길기와 육즙감량 및 단백질 용해성에 미치는 영향

강근호 · 이정일 · 주선태 · 박구부

경상대학교 축산과학부

Effects of Carcass Treatments on Sarcomere Length, Drip Loss and Protein Solubility of Porcine Longissimus Muscle

G. H. Kang, J. I. Lee, S. T. Joo and G. B. Park

Division of Animal Science, College of Agriculture, Gyeongsang National University

Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of hot- and cold-boning on sarcomere length, drip loss and protein solubility of post-rigor porcine longissimus muscle. A total of ten pigs (borrow, 100 ± 5 kg) were randomly selected at a commercial plant and the carcasses were split in half after slaughter. The longissimus muscle of the left side was dissected and chilled at 0°C after trimming of subcutaneous fat whereas the right side carcasses were served for cold-boning after chilling for 24 hrs. The temperature, pH and sarcomere length of porcine longissimus muscle were measured at postmortem 1, 3, 6, 12 and 24 hours. Drip loss, cooking loss, Minolta L*a*b*, shear force and protein solubility were measured at postmortem 24 hrs. The pH of cold-boning samples was rapidly decreased whereas temperature and sarcomere length of hot-boning samples were rapidly decreased during 24 hrs of chilling. Hot-boning muscles showed significantly ($P < 0.05$) higher pHu and shorter sarcomere compared with cold boning muscles because of cold shortening. However, there were no significant differences in drip loss, cooking loss and shear force value between hot- and cold boned samples. The samples of hot-boning showed lower Minolta L* value and higher sarcoplasmic protein solubility compared with cold boned samples. These results suggest that the pale color changing of porcine longissimus muscle could be inhibited by hot-boning due to rapid chilling of the muscle although sarcomere length could be shortened because of cold shortening. Also these results show that hot-boning of porcine carcass could have a high protein solubility without negative effects of drip loss or tenderness of porcine longissimus muscle.

Key words : sarcomere length, drip loss, protein solubility.

서론

과거 소비자들의 식육 구매 형태는 단순히 동물성 단백질을 섭취할 목적으로만 이루어져 왔다. 그러나 국민소득의 증가와 더불어 소비 성향의 변화로 소비자들의 식육 구매 형태는 질적인 측면을 중요시하게 되었으며, 고품질 식육 생산을 통한 소비자 만족을 위해 다양한 노

력들이 시도되고 있는 실정이다. 일반적으로 국내에 유통되는 육류의 발골 형태는 온도체 발골과 냉도체 발골로 구분된다. 냉도체 발골은 도살후 24시간 후에 이루어지는 것으로, 냉장기간 동안 근육은 사후강직을 완료하여 근육과 지방이 견고해져 도체의 절단이나 발골을 용이하게 할 수 있기 때문에 식육 가공업체에서 많이 이용되고 있는 형태이다.

그러나 식육가공에 소요되는 에너지와 노동력 비용이 점차 증가함에 따라 식육업계는 경비를 절감할 수 있는 효율적인 방법들을 개발하게 되었다. 이러한 방법 중 하나가 바로 온도체 발골이다.

Corresponding author : G. B. Park, Meat Science Laboratory, Division of Animal Science, College of Agriculture, Gyeongsang National University, 660-701 Chinju, Korea.

온도체 발골육은 육질을 포함한 가공 원료육으로서의 기능적 특성이 증진된다. 즉, 사후강직전의 근육은 보수력, 유허력, 염용성 단백질의 추출성 및 결합력 등이 좋아 육가공제품의 원료육으로 사용하면 제품의 수율과 품질이 향상된다. 하지만, 온도체 발골로 인해 식육 표면의 호기성 미생물의 급속한 성장으로 인하여 식육이 빨리 부패되고 불패취가 발생하며, 급냉으로 인한 근절 단축으로 연도가 감소⁽¹⁾ 하는 단점이 있지만, 식육을 사후강직 전에 처리함으로써 높은 사후 pH를 유지하여 식육의 보수력이 증진되어 경제적인 이익을 얻을 수 있다⁽²⁾. 또한 온도체 발골에 의해 에너지 비용을 줄일 수 있고 수율을 높일 수 있는 장점이 있다. 사후강직온도는 사후 근육에 있어서 보수력 및 해당작용에 주요한 요인으로 작용하여 육질에 영향을 미치게 된다⁽³⁾. 하지만, 현행 국내에서는 사후 도체처리가 육질에 미치는 영향에 대한 인식부족으로 인하여 올바른 발골 방법이 확립되지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 이용되고 있는 두 가지의 발골 형태인 온도체 발골과 냉도체 발골이 돈육 등심근의 육질에 미치는 영향을 비교 분석하여 올바른 발골 형태를 확립하기 위한 기초 자료를 제시하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

경남 울산시 소재 (주)화신산업에서 도축된 돼지 중 정상육으로 판단되는 10마리를 무작위로 선별하여 도축 후 도체를 이분할하였다. 좌측 부위의 등심근은 온도체 발골하여 등지방을 제거한 후 0°C에서 24시간 냉각을 시켰고, 우측 부위의 등심근은 0°C에서 24시간 냉각시킨 후 발골을 하였다.

도축 24시간 후 경상대학교 축산과학부 축산가공연구실로 이송하여 온도, pH, 근질길이는 온도체 발골 처리구와 냉도체 발골 처리구에서 각각 사후 1, 3, 6, 12, 24시간마다 측정을 하였고, 육즙감량, 가열감량, 육색, 단백질 용해성 및 전단력은 사후 24시간 때에 측정하였다.

실험방법

온도측정(Carcass temperature)

4~5번 등심근 사이에 온도계의 붓을 직접 삽입하여 측정하였다.

pH

시료를 적당한 크기로 절단하고 3mm plate로 chopping한 후 50 ml 튜브에 시료 3g과 증류수 27 ml(1 : 9)를 함께 넣어 Polytron homogenizer(IKA T25basic, Malaysia)로 13,500 rpm에서 10초간 균질하여 pH-meter (Orion 520A, USA)로 측정하였다.

육색(Meat color)

육색은 Minolta chromameter(Minolta CR 301, Japan)를 사용하여 동일한 시료를 5회 반복하여 명도(lightness)를 나타내는 L*값, 적색도(redness)를 나타내는 a*값, 황색도(yellowness)를 나타내는 b*값을 측정하였다. 이때 표준색은 Y=93.5, x=0.3132, y=0.3198인 표준색판을 사용하여 표준화한 후 측정하였다.

육즙감량(Drip loss)

직경 3.5 cm core로 뚫어 무게를 측정하여 뚜껑이 있는 플라스틱 상자(18×15×10cm)에 매달아 48시간 동안 냉장온도(4°C)에서 저장 후 육즙의 손실을 백분율(%)로 산출하였다.

이때 육즙감량은 다음 식에 의하여 구하였다.

Drip Loss(%) =

$$\frac{(\text{원래의 시료무게} - 48\text{시간 후 시료무게})}{(\text{원래의 시료무게})} \times 100$$

가열감량(Cooking loss)

시료를 2cm 두께로 일정하게 절단하여 무게를 측정하고(A), 알루미늄 호일에 싸서 외부온도 200°C인 오븐을 이용하여 심부 온도가 71°C에서 도달한 후 1시간 가열한 다음 냉각시켜 감량된 무게를 측정(B)하여 다음 공식에 의하여 가열감량을 산출하였다.

$$\text{Cooking loss(}\%) = \frac{(A-B)}{(A)} \times 100$$

근질길이(Sarcomere length)

시료를 일정한 크기(3×3)로 자르고 Solution A(0.1M KCl, 0.039M boric acid, 2.5% glutaraldehyde)에서 5mM EDTA를 녹인 것들

을 혼합한 용액)에서 2시간 방치한 후 Solution B(0.25M KCl, 0.29M boric acid, 2.5% glutaraldehyde에서 5mM EDTA를 녹인 것들을 혼합한 용액)에서 17~19시간 방치한 다음 균질화를 시킨 후 근절길이를 측정하였다.

$$\text{Sarcomerelength}(\mu\text{m}) = \frac{632.8 \times 10^{-3} \times D \times \sqrt{(T/D)^2 + 1}}{T}$$

D: Stage와 Screen 거리, T: 근절길이의 반지름

단백질 용해성(Protein solubility)

단백질 용해성은, 두 가지를 추출하여 측정(근형질 단백질과 총 단백질)하였다. 근형질 단백질은 근육 1g에 0.025M potassium phosphate buffer(pH 7.2) 10ml를 사용하여 추출하였다. 샘플은 잘게 썰어 균질화 시키고 4°C에서 하루 보관하였다. 샘플은 1500g에서 20분간 원심분리시켜 현탁액 속의 농도는 뷰렛방법⁽⁴⁾에 의해 측정하였다. 총 단백질은 샘플 1g에 0.1M phosphate buffer(pH 7.2)에 1.1M potassium iodide를 혼합한 20ml를 사용하여 추출하였다. 근원심유 단백질 농도는 총 단백질과 근형질 단백질 용해도의 차이에 의해 획득하였다.

전단가(Warner Bratzler shear force value)

전단가 측정은 가열 감량 실험 후의 방냉된 고기를 직경 1.27cm의 원통형 절편으로 만들어 Instron Universal Testing Machine(Model 1,000)에 의해 측정되었다. 이때 기기의 조건은 아래와 같다.

- Load cell : 5 kg
- Range 50 kg/10LB
- Cross head speed : 100/min
- Chart speed : 100/min

통계분석

실험에서 얻어진 성적은 SAS⁽⁵⁾를 이용하여 분산분석 및 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

사후 도체처리가 온도에 미치는 영향

사후 도체처리가 돈육 등심근의 온도에 미치는 영향을 Fig. 1에 나타내었다. 처리구간에 있

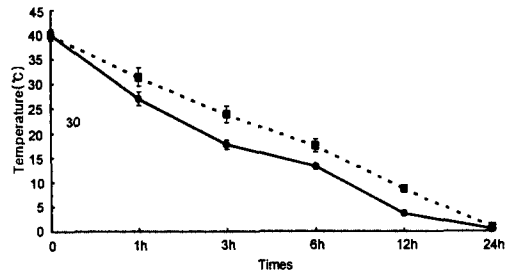


Fig. 1. Effects of hot-(—●—) and cold-boning(---■---) on carcass temperature in porcine longissimus muscle.

어서 냉도체 발골이 온도체 발골에 비해 유의적(P<0.05)으로 높게 나타났고, 사후 시간이 경과할수록 두 처리구 모두 도체 온도가 낮게 나타났다. 이는 온도체 발골된 것이 냉도체 발골된 것에 비해 냉의 흐름에 더 많이 노출되었기 때문이며, 이로 인해 온도체 발골의 경우 사후해당작용이 천천히 진행되었고, 많은 근절단축을 보였다. 이러한 처리구간의 온도변화는 사후 근육의 pH, 보수력, 근절길이, 단백질 용해성, 육색 및 전단가와 밀접한 관련이 있으므로 이를 잘 뒷받침 할 수 있는 근거로서 중요한 의미를 가진다고 사료된다.

사후 도체처리가 pH에 미치는 영향

사후 도체처리가 돈육 등심근의 pH에 미치는 영향을 Fig. 2에 나타내었다. 처리구간에 있어서 온도체 발골이 냉도체 발골에 비해 유의적(P<0.05)으로 높게 나타났고, 사후시간이 경과할수록 두 처리구 모두 pH가 유의적(P<0.05)으로 낮게 나타났다. 이러한 결과는 근육의 pH저하는

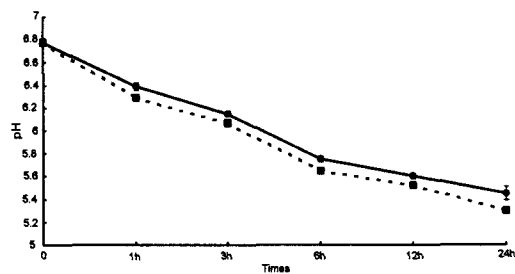


Fig. 2. Effects of hot-(—●—) and cold-boning(---■---) on the pH in porcine longissimus muscle.

방혈할 때부터 시작되어 최종 pH에 도달하는데, pH가 감소하는 것은 대사/효소작용을 하는 동안 산화적 대사작용에 혐기적 대사작용으로 전환되면서 근육내 글리코겐 함량이 감소하였기 때문이라는 보고와 유사한 결과를 나타내었다⁽³⁾. 초기 사후 강직시 온도와 pH의 저하가 돈육의 육질에 미치는 영향에 대해서, 사후 시간이 경과할수록 온도와 pH는 감소하였으며, 온도와 pH의 관계에 있어서는 온도가 감소함에 따라 pH가 감소한다고 보고하였는데^(6,7), 본 시험의 결과와 일치하는 결과를 나타내었다.

위의 결과를 종합해 보았을 때 냉도체 발골의 경우 등지방을 완전히 제거한 온도체 발골에 비해 도체온도가 높아 사후 대사작용이 빠르게 진행되었기 때문에 pH가 낮게 나타난 것으로 판명되었다.

사후 도체처리가 근절길기에 미치는 영향

사후 도체처리가 돈육 등심근의 근절길기에 미치는 영향을 Fig. 3에 나타내었다. 근섬유의 단축 정도는 온도에 많은 영향을 받으며, 사후 강직전 근육을 저장하는 동안 저장온도가 낮을수록 근절의 단축은 많이 일어난다⁽⁸⁾. 일반적으로 백색 근섬유에 비해 적색 근섬유에서 저온단축이 더 많이 발생되며, 백색섬유의 함량이 높은 근육은 적색섬유의 함량이 높은 근육에 비해 단축이 지속적으로 일어나는데⁽⁹⁾, 근육 단축은 냉각속도와 강직개시 정도가 많은 영향을 미친다고 보고하였다⁽¹⁰⁾.

본 연구에서는 처리구간에 있어서 냉도체 발골이 온도체 발골에 비해 상대적으로 단축이 적게 일어나 도체 온도가 근절단축에 미치는

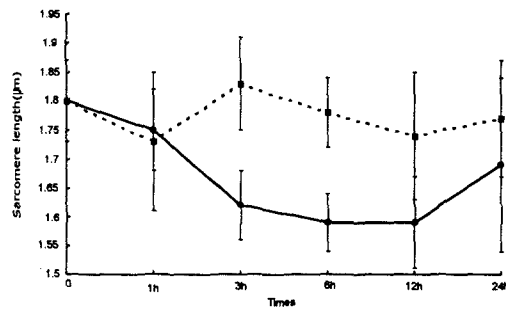


Fig. 3. Effects of hot-(—●—) and cold-boning(---■---) on sarcomere length in porcine longissimus muscle.

Table 1. Effects of hot- and cold-boning on drip loss, cooking loss and shear force in porcine longissimus muscle

Treatments	Item		
	Drip loss (%)	Cooking loss (%)	Shear force (kg)
Hot-boning	4.22±0.12	32.27±3.56	4.98 ^B ±0.45
Cold-boning	4.20±0.13	32.39±3.38	5.53 ^A ±0.50

효과가 확인되었다.

사후 도체처리가 육즙감량과 가열감량 및 전단가에 미치는 영향

사후 도체처리가 돈육 등심근의 육즙감량과 가열감량 및 전단가에 미치는 영향을 Table 1에 나타내었다. 온도체 발골된 근육은 사후강직전 냉각 속도에 의해 사후강직이 개시되면서 육즙감량이 증가하며, 근절단축이 증가할수록 육즙감량이 증가한다고 보고되었다⁽¹¹⁾. 식육은 사후강직시간에 따라서도 육즙감량에 영향을 받는데, Iversen 등⁽¹¹⁾은 사후 1, 6, 24시간 동안 육즙감량을 측정된 결과 강직이 진행되는 동안 육즙감량이 유의적(P<0.05)으로 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 온도체 발골과 냉도체 발골에 따른 육즙감량과 가열감량에 있어서 두 처리구간에 유의적인 차이가 없었다. 전단가 측정결과 냉도체 발골이 온도체 발골에 비해 유의적(P<0.05)으로 높게 나타났고, 식육의 연도에 영향을 미치는 것은 강직온도와 효소작용의 정도에 따라 변이가 심하다고 알려져 있다⁽¹²⁾. 대부분의 연구자들은 돈육을 며칠간 숙성시킨 후 전단가의 변화에 있어서 미미한 변화가 일어난다고 하였으며^(13,14), 다른 연구자들은 돈육의 연도에 대해 숙성의 효과는 경제적인 이익을 가져준다고 하였다^(15,16,17). 본 실험에서는 온도체 발골이 냉도체 발골에 비해 전단가가 유의적(P<0.05)으로 낮게 나타났는데, 이러한 결과는 Van Moeseke와 De Smet⁽¹⁸⁾의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 냉도체 발골의 경우 전단가가 높게 나타난 것은 강직이 진행되는 동안 도체 온도가 온도체 발골에 비해 높은 경향을 보였고, 최종 pH가 유의적(P<0.05)으로 낮게 나타났기 때문인 것으로 사료된다.

위의 결과를 종합해 보았을 때 온도체 발골을 하여 24시간 냉각시킨 것이 관행적인 도체 냉각방법과 비교해서 유의적인 차이가 나지 않으므로, 사후강직 전에 도체를 처리함으로써 도체냉각비용과 도체냉각처리공간을 효율적으로 활용할 수 있는 이점이 있기에 사후 도체처리 방법이 재검토되어야 할 것으로 사료된다.

사후 도체처리가 단백질 용해성에 미치는 영향

사후 도체처리가 돈육 등심근의 단백질 용해성에 미치는 영향을 Fig. 4에 나타내었다. 근육 단백질의 변성은 세포막 주위의 근원섬유 다발과 근육속 섬유망의 단축을 일으키는데 결정적인 요인이 되며, 근섬유 다발 사이의 드립을 증가시키게 된다. 단백질변성 정도는 강직이 개시되어 저하된 pH에 영향을 받으며, 강직시 액틴과 마이오신은 결합되어 마이오신 머리부분의 변성이 억제된다⁽¹⁹⁾. Kim 등⁽²⁰⁾은 육즙감량이 감소하는 것은 일부 단백질의 재조합(합성)에 의해 식육의 보수력이 개선되고, 단백질 용해성도 증가한다고 보고하였다. Joo 등⁽²¹⁾과 den Hertog-Meischke⁽²²⁾는 이온강도가 낮은 염에 의해 추출되는 근형질 단백질은 사후 저장기간이 증가할수록 추출성이 감소한다고 보고하였다. 최근 Joo 등^(23,24)은 근형질 단백질 용해성과 육즙감량사이의 관계에 대해서 육즙감량이 감소할수록 근형질 단백질 용해성이 증가한다고 보고하였다. 또한 최종 pH의 증가는 근형질 단백질 용해성의 증가를 가져온다고 하였다.

본 실험의 결과에서는 냉도체 발골이 온도체 발골에 비해 근원섬유 및 총 단백질 용해성이

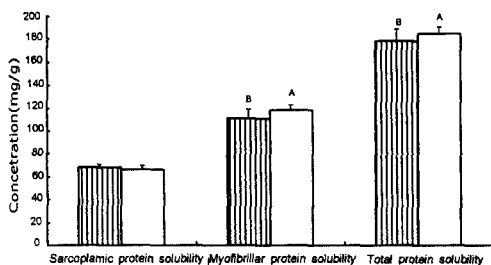


Fig. 4. Effects of hot- (▨) and cold-boning (□) on protein solubility in porcine longissimus muscle. ^{AB} Means with different are significantly different (p<0.05).

유의적 (P<0.05)으로 높게 나타났다. 이러한 이유는 온도체 발골된 것이 냉도체 발골된 것에 비해 냉각 온도에 더 많이 노출되어 강직이 진행되는 동안 저온단축의 영향으로 근질이 더 많이 단축되어 단백질이 변성되어 용해성이 감소된 것으로 사료된다.

사후 도체처리가 육색에 미치는 영향

사후 도체처리가 돈육 등심근의 육색에 미치는 영향을 Fig. 5에 나타내었다. 육색은 돈육의 품질을 좌우하게 되고, 냉장돈육에서 정상적인 육색은 돈육산업에 있어서 대단히 중요하다⁽²⁵⁾. PSE는 보통 육색이 밝은 편이고 정상육에 비해 보수력이 낮다. 이것은 사후 pH가 급격히 변하여 최종 pH가 낮기 때문이다^(19,26). PSE상태는 최종적으로 유전자 결합⁽²⁷⁾으로 인하여 발생되며, 또한 도살 후 저장하는 동안 부적당한 취급에 의해서도 발생한다^(19,28). DFD는 암적색을 나타내면서 육 표면의 삼출이 적어 매마르다⁽²⁹⁾. 이러한 원인은 사후 전 스트레스에 의하여 방혈시 글리코겐이 완전히 분해되지 않아 정상적인 젖산의 대사작용이 일어나지 않게 되어 사후 근육의 pH가 급격히 떨어지기 때문이다⁽³⁰⁾. 강직온도가 높을 때 명도를 나타내는 L*값이 높게 나타나는 것은 단백질 변성이 많이 일어났기 때문이다^(31,32).

본 연구에서 온도체 발골에서는 L*값이 낮게 나타나고 냉도체 발골에서는 a*값이 높게 나타났는데, 이러한 이유는 온도체 발골한 것이 급격한 도체온도 감소에 따른 근절단축으로 인해 육색이 창백하게 변했기 때문인 것으로 사료된다.

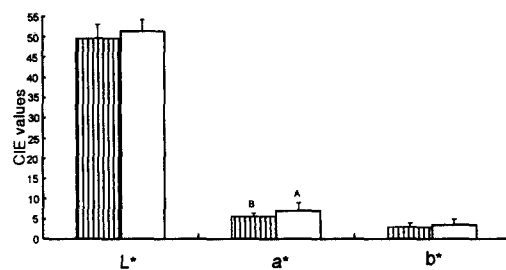


Fig. 5. Effects of hot- (▨) and cold-boning (□) on color in porcine longissimus muscle. ^{AB} Means with different are significantly different (p<0.05).

요 약

온도체 발골과 냉도체 발골이 돈육 등심근에 있어서 근질길이, 육즙감량 및 단백질용해성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시하였다. 총 10마리의 돼지를 일반 상업용 회사에서 무작위로 선별하여 도축 후 한 도체 내에서 이분도체를 실시하였다. 좌측 등심근은 등지방을 완전히 제거하여 0°C에서 24시간 냉장시켰고, 우측 등심근은 관행적인 방법대로 24시간 현수 후 냉도체 발골을 실시하였다. 온도 측정결과 사후 시간이 경과할수록 도체온도는 유의적($P<0.05$)으로 감소하였으며, 처리구간에 있어서는 온도체 발골이 냉도체 발골에 비해 유의적($P<0.05$)으로 빠른 도체온도 감소를 보였다. pH 측정결과 사후 시간이 경과할수록 유의적($P<0.05$)으로 감소하였으며, 처리구간에 있어서는 온도체 발골이 냉도체 발골에 비해 유의적($P<0.05$)으로 높게 나타났다. 근질길이 측정결과 사후 시간이 경과할수록 유의적($P<0.05$)으로 감소하였으며, 처리구간에 있어서는 온도체 발골이 냉도체 발골에 비해 유의적($P<0.05$)으로 짧게 나타났다. 육즙감량과 가열감량 측정결과 두 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 육색 측정결과 L*값과 b*값에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, a*값에서는 냉도체 발골이 온도체 발골에 비해 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). 전단가 측정결과 온도체 발골이 냉도체 발골에 비해 유의적($P<0.05$)으로 낮게 나타났다. 단백질용해성 측정결과 근형질 단백질 용해성에 있어서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 근원섬유단백질과 총 단백질 용해성에 있어서는 온도체 발골에 비해 냉도체 발골이 유의적($P<0.05$)으로 높게 나타났다. 위의 결과를 종합해 보았을 때 사후 도체처리를 냉장육으로 사용하고자 할 때에는 냉도체 발골을 실시하고, 육제품 원료육으로 사용하고자 할 때에는 온도체 발골을 실시함으로써 냉도체 발골로 심각하게 대두되고 있는 냉장에너지 비용과 냉각감량 및 도체냉각공간 부족 등의 문제점을 극복할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Debvine, C. E., Wahlgren, N. M. and Tornberg, E. : Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderization of restrained and unrestrained beef M. longissimus thiracicus et lumborum. *Meat Sci.*, 51, 61 (1999).
2. Farouk, M. M. and Swan, J. E. : Effect of rigor temperature and frozen storage on functional properties of hot-boned manufacturing beef. *Meat Sci.*, 49, 233 (1999).
3. Maribo, H., Olsen, E. V., Patricia, B. G., Anders, J. N. and Anders, K. : Effect of early post-mortem cooling on temperature, pH fall and meat quality in pigs. *Meat Sci.*, 50, 115 (1998).
4. Gornall, A. G., Bardawill, C. J. and David, M. M. : Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol Chem.*, 177 (1949).
5. SAS. : SAS/STAT Software for PC. SAS Institute, Cary, NC, USA., (1999).
6. Klont, R. E., Talmant, A. and Monin, G. : Effect of temperature on porcine-muscle metabolism studied in isolated muscle-fiber strips. *Meat Sci.*, 38, 179 (1994).
7. Monin, G., Talmant, A., Aillery, P. and Collas, G. : Effects on carcass weight and meat quality of pigs dehaired by scalding or singeing postmortem. *Meat Sci.*, 39, 247 (1995).
8. Olsson, U., Hertzman, C. and Tornberg, E. : The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and tenderness of beef muscles. *Meat Sci.*, 37, 115 (1994).
9. Hertzman, C., Olsson, U. and Tornberg, E. : The influence of high temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and tenderness of beef muscles. *Meat Sci.*, 35, 119 (1993).
10. Smulders, F. J. M., Marsh, B. B., Swartz,

- D. R., Russel, R. L. and Hoenecke, M. E.: Beef tenderness and sarcomere length. *Meat Sci.*, 28, 349 (1990).
11. Iversen, P., Henckel, P., Larsen, L. M., Monllao, S. and Moller, A. J. : Tenderisation of pork as affected by degree of cold-induced shortening. *Meat Sci.*, 40, 171 (1995).
 12. Koochmarraie, M., Killefer, J., Bishop, M. D., Shackelford, S. D., Wheeler, T. L. and Arbona, J. P. : Calpastatin-based methods for predicting meat tenderness. In: Ouall, A., Demeyer, D. I., Smulders, F. J. M. (Eds). Expression of tissue proteinases and regulation of protein degradation as related to meat quality. ECCEAMST. III. Utrecht. The Netherlands. p. 395 (1995).
 13. Eikelenboom, G., Hoving-Bolink, A. H., van der Wal, P. G., de Vries, A. W. and Vonder, G. : De invloed van de eind-pH op de eetkwaliteit van varkensvlees. IVO-DLO Rapport B-385. Zeist. The Netherlands. (1992).
 14. Feldhusen, F. and Kuhne, M. : Effects of ultra rapid chilling and ageing on length of sarcomeres and tenderness of pork. *Meat Sci.*, 32, 161 (1992).
 15. Kim, C. J., Lee, E. S., Joo, S. T., Kim, B. C., Kang, J. O., Kauffman, R. G., Yoo, I. J., Ko, W. S. and Choi, D. Y. : Chemical, physical and structural characteristics of pork loins from four quality groups. 42nd international congress meat science technology, Lillehammer, Norway. (1996).
 16. Taylor, A. A., Nute, G. R. and Warkup, C. C. : The effect of chilling, electrical stimulation and conditioning on pork eating quality. *Meat Sci.*, 39, 339 (1995).
 17. Tornberg, E., von Seth, G. and Goransson, A. : Influence of ageing time, storage temperature and percentage lean on the eating quality of pork and its relationship to instrumental and structural parameters. *Sciences des Aliments.*, 14, 373 (1994).
 18. Van Moeseke, W. and De Smet, S. : Effect of time of deboning and sample size on drip loss of pork. *Meat Sci.*, 52, 151 (1999).
 19. Offer, G. : Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Sci.*, 30, 157 (1991).
 20. Kim, B. C., Warner, R. D. and Kauffman, R. G. : Change in expressible fluid losses of porcine musculature at different times post-rigor. 39th international congress meat science technology, Calgary, AB. (1993).
 21. Joo, S. T., Kauffman, R. G., Lee, S., Kim, B. C. and Greaser, M. L. : Variation in water loss of PSE pork musculature over time. 41st international congress meat science technology, San Antonio, CA. (1995).
 22. den Hergog-Meischke, M. J. A. : Het waterhoudend vermogen van vers vlees, met speciale aandacht voor de invloed van processing endistributie. Ph. D. thesis, University of Utrecht, The Netherlands (1997).
 23. Joo, S. T., Kauffman, R. L. J. M., van Laack, S. and Kim, B. C. : Variation in rate of water loss as related to different types of post-rigor porcine musculature during storage. *J. Food Sci.*, 64, 865 (1999a).
 24. Joo, S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C. and Park, G. B. : The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Meat Sci.*, 52, 291 (1999b).
 25. Warner, R. D., Kauffman, R. G. and Russell, R. L. : Quality attributes of major porcine muscles: A comparison with longissimus lumborum. *Meat Sci.*, 33, 359 (1993).
 26. Cannon, J. E., Morgan, J. B., Heavner, J., McKeith, F. K., Smith, G. C. and Meeker, D. L. : Pork quality audit: A review of

- the factors influencing pork quality. *J. Muscle Foods.*, 6, 369 (1995).
27. Sutton, D. : Studies on the Napole gene and pork quality. Ph. D. thesis, Univ. of Hlinois, Urbana, IL. (1997).
28. McCaw, J., Ellis, M., Brewer, M. S. and McKeith, F. K. : Incubation temperature effects on physical characteristics of normal, DFD and halothane carrier pork longissimus. *J. Anim Sci.*, 75, 1547 (1997).
29. Kauffman, R. G., Gassens, R. G., Scherer, A. and Meeker, D. L. : Variations in Pork Quality. National Pork Producers Council, Des Moines, IA. (1992).
30. Dobrenov, B. : Studies on DFD and PSE pig meat in Australia State of Queensland. *Fleischwirtschaft.* 1, 26 (1990).
31. Renerre, M. and Bonhomme, J. : Effects of electrical stimulation, boning- temperature and conditioning mode on display colour of beef meat. *Meat Sci.*, 29, 191 (1991).
32. Hector, D. A., Brew-Graves, C., Hassen, N. and Ledward, D. A. : Relationship between myosin denaturation and the colour of low-voltage-electrically- stimulated beef. *Meat Sci.*, 31, 299 (1992).

(2001년 7월 16일 접수)